

Phys

1349

Ex Dono authoris.

Phyp 1349

7a.
out 97.

D e r
Galvanismus
u n d
Theorie desselben.

V o n
Dr. Joseph Weber,
der Königl. Baier. Akademie der Wissenschaften zu
München ordentl. ausw. Mitglied, Director des K.
Lyceums und Professor der Physik in Dillingen.



München 1815.
Bei Jakob Giel.

1847

1847

Theory of

For

Dr. Joseph

the theory of the



1847

1847

Der Galvanismus

und

Theorie desselben.

1.

Die Erscheinungen, welchen eine Thätigkeit zu Grunde liegt, die *Galvanismus* heisst, nennt man galvanische Erscheinungen. Die galvanischen Erscheinungen sind viele und mancherlei; sie lassen sich aber insgesamt zurückführen

auf die der einfachen Kette,
und auf die der Verstärkung.

2.

Die einfache Kette ist die Verbindung zweierlei Metalle (oder sonst entgegengesetzter Körper) mittelst einer feuchten Substanz, und wird vorgestellt

durch eine Kupfer- oder Silber-Platte = S,

durch eine Zinkplatte = Z,

und durch eine dazwischen liegende befeuchtete Scheibe = H.

Die einfache Kette wird sonach ausgedrückt durch *S H Z*.

3.

Die Thätigkeit der einfachen Kette zeigt sich sehr auffallend, wenn die feuchte Substanz durch einen thierischen mit Nerven versehenen Muscel vertreten, und so gelegt wird, daß der Nerve z. B. eines Frosches (der Lendennerve mit einem daranhängenden Stückchen Rückgrades) auf einem, der Wadenmuscel auf dem anderen Metall aufliegt, und ein leitender Bogen die beiden Metalle (*S* und *Z*) berührt. Der ganze Schenkel wird im Augenblicke der Berührung (Schließung der Kette) gewaltig bewegt; seine Muscelfasern werden gespannt und wieder losgelassen d. i. gereizt.

4.

Eben diesen Muscelreiz hat *Dr. Aloys Galvani*, ehemals Professor in Bologna, entdeckt, und dadurch eine Menge anderer verwandter Experimente angebahnt. Um das Andenken des Galvani zu ehren hat man die Thätigkeit, die den Muscelreiz bewirkt, mit dem Namen „*Galvanismus*“ bezeichnet.

Dr. Galvani nahm die Muscelreizung an Fröschen anfangs unter dem Einfluß der künstlichen und atmosphärischen Elektricität wahr (1764). Erst später (1890) bemerkte er, daß zweierlei Metalle unter obiger Bedingung (3.) denselben Muscelreiz bewirken. Er ahnete, daß ähnliche Wirkungen von einer ähnlichen Ursache herrühren, und schrieb den Muscelreiz mittelst zweierlei Metalle hervorgebracht der Elektricität zu, zwar mit Einmischung der hypothetischen Vorstellung, die Elektricität, die hier wirkt, sei dem Thierorgan eigenthümlich, eine thierische Elektricität.

Der Versuch des Galvani machte Aufsehen, und zog die Naturforscher sehr an. Der Muscelreiz wurde auf unzählige andere Thiere ausgedehnt, und das Experiment in die verschiedensten Verhältnisse gestellt. Es vervielfältigten sich daher schnell die galvanischen Versuche, und mit denselben die Erklärungen des Galvanismus. Da entstanden dann mancherlei Hypothesen von dem Princip der galvanischen Phänomene, und die Opinion

von einer thierischen Elektricität wechselte bald mit der einer metallischen, die dann wieder einer andern von der galvanisch - elektrischen Materie u. s. w. Platz machte.

7.

Geben wir darauf acht, daß Zink und Silber (die sich als höchste Gegensätze äussern*) feucht übereinander gelegt das Wasser zersetzen, wie es frühe Dr. Creve, Dr. Ash, und Alexander v. Humboldt wahrnahmen: so haben wir schon eine Andeutung, daß die Wirkung jener Kraft, die im galvanischen Experimente thätig ist (der Galvanismus) nicht allein elektrisch sondern auch chemisch sei. Dieses haben nachher Ritter, von Arnim u. a. bewährt, und die galvanische Verstärkung stellt dies anschaulichst vor Augen.

8.

Unter den vielen Naturforschern, die sich mit galvanischen Versuchen beschäftigten, experimentirte vorzüglich scharfsinnig *Alexander Volta*. Er gieng darauf aus, durch

*) Gold, Messing und Kupfer haben zu Zink dasselbe Verhältniß.

Vervielfältigung und Verbindung der einfachen Ketten den Galvanismus zu verstärken, und etwas Aehnliches mit dem Leydenschen oder Kleistischen Versuch hervorzubringen. Volta erreichte seinen Zweck im Jahre 1800 dadurch, daß er mehrere einfache Ketten auf folgende Weise verband:

$SHZ + SHZ + SHZ + SHZ + SHZ$. U. s. w.

Die Silber - und Zink - Platten hatten beiläufig die Gröfse und Form eines Thalers, und der dazwischen liegende feuchte Körper war eine Scheibe aus Papp oder Tuch, die mit gemeinem oder gesalzenem Wasser genäfst worden. Die übereinander gelegten Platten nahmen die Gestalt eines Pfeilers oder einer Säule an, und die Vorrichtung wurde genannt „die galvanische (*Voltaische*) Säule.“

9.

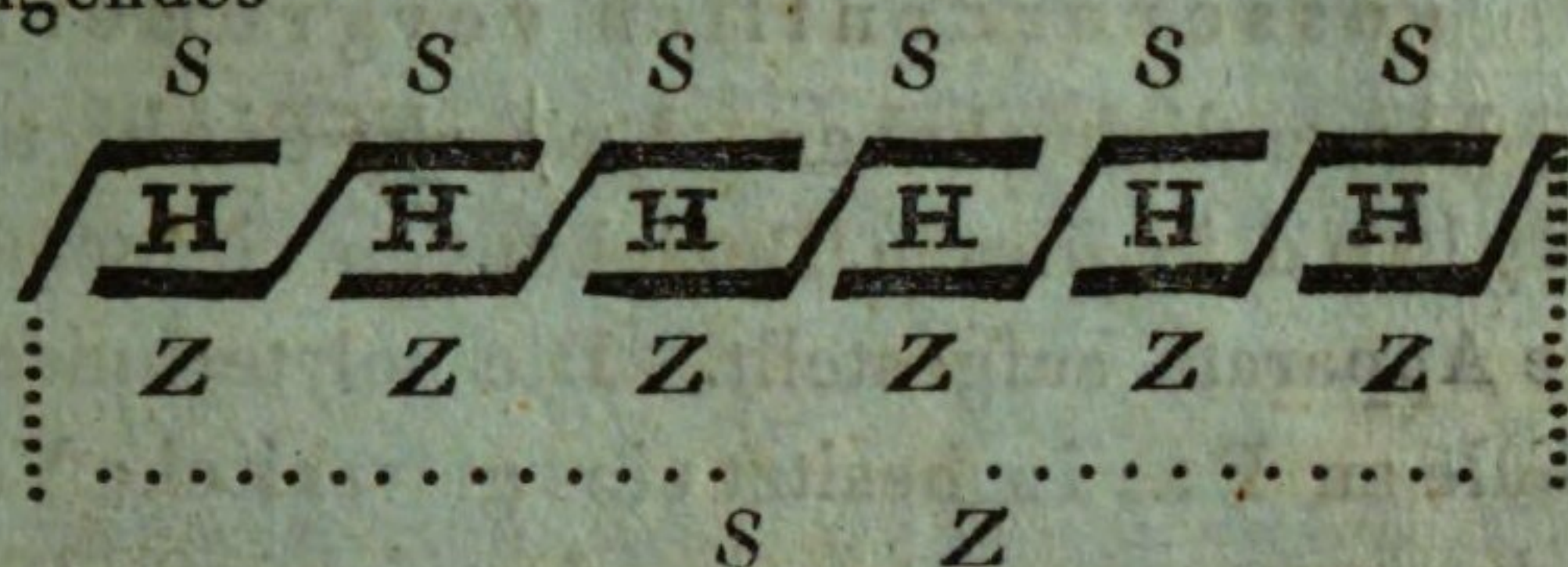
Die auf solche Art erbaute Säule erweist sich auch wirklich als eine *Verstärkung des Galvanismus* ganz ähnlich der, die wir die elektrische Verstärkung nennen. Wird nämlich die unterste Platte S mit feuchten Fingern der einen Hand unmittelbar oder vermittelt eines Leiters berührt, und mit feuchten Fingern der andern Hand die

oberste Platte *Z* angegriffen, so werden Hände und Arme erschüttert. Das Elektrometer wird von denselben Extremen der Säule alterirt, und *S* zeigt $+ E$, *Z* hingegen $- E$. Auch elektrische Funken kommen zum Vorschein; die Wasserzersetzung erfolgt nur entschiedener. U. s. w.

10.

Die Verstärkung durch Vermehrung der einfachen Ketten gab Volta noch in einer anderen lehrreichen Vorrichtung an, welche „der Becherapparat“ genannt wird. Es wird eine Reihe Gläser aufgestellt; die Gläser werden mit warmem Wasser oder einer Salzauflösung angefüllt; in jedes Glas wird eine Zink- und Silber-Platte getaucht mit der Vorsicht, daß sie sich einander nicht berühren. Jede Platte ist mit einem verlängerten Streifen oder Hacken versehen, durch welche die Platten der Gläser in Verbindung kommen. Dadurch stehen Silber und Zink aller Gläser vermittelt eines flüssigen in solchem Verhältniß, daß sie eine Kette ähnlich der einer Säule bilden, die durch die Silberplatte des ersten Glases und durch die Zinkplatte des letzten mittelst Dräthe geschlossen werden kann.

Das Schema dieses Apparats ist folgendes



Es ist klar, die Vorrichtung sei nur Ver-
vielfältigung und Verbindung der
einfachen Ketten =

$$SHZ + SHZ + SHZ + SHZ$$

..... S Z

Der Becherapparat ist in der Beziehung
vornehmlich wichtig, daß er später einen ei-
genen Bau der galvanischen Ver-
stärkung veranlafste, nämlich die Anlegung
der Metallplattenpaare mit dazwischen liegen-
den Zellen, die mit gesalzenem oder gesäuer-
tem Wasser angefüllt werden (den galva-
nischen Trogapparat). Cruikshank,
Wilkinson u.a. (Gilbert's Annalen der
Physik. Jahrg. 1810. St. 12.)

Seitdem hat man in Deutschland und
auswärtig immer mehr ins Grosse gear-
beitet, indem man

bald die Anzahl der Platten gar
sehr vermehrte,

bald den Umfang ihrer Flächen
ausserordentlich vergrößerte.

Namentlich haben Frankreich und England in diesen Beziehungen riesenmäßige Apparate aufgestellt. Die polytechnische Schule zu Paris besitzt eine galvanische Verstärkung von 600 Paar quadratförmigen Platten, deren Seiten ungefähr 11 pariser Zolle messen, und sonach in der Gesamtheit eine Fläche von 500 Quadratschuhen ausmachen (Gilbert's Annalen. Jahrg. 1809. St. 5. Jahrg. 1811. St. 6.).

Zu London steht im Laboratorium des königl. Instituts eine Verstärkung von 2000 Plattenpaaren, jedes zu 32 Quadratzoll Oberfläche so, daß die Fläche aller Platten 120,000 Quadratzoll beträgt. Diese Zahl von Platten ist in 200 Tröge vertheilt, deren jeder 10 derselben faßt; sie sind in Zellen von Porzellan eingehängt, und ihr Zwischenraum ist mit Wasser, dem $\frac{1}{80}$ Salpetersäure beigemischt wird, angefüllt. (Gilbert's Annalen. Jahrg. 1810. St. 1.)

An der Plattengrösse übertrifft alle bekannten galvanischen Verstärkungen diejenige, welche Children, Mitglied der K. Societät zu London, veranstaltet hat. (Gilbert's Annalen. Jahrg. 1810. St. 12. Biblioth. Britan. Oct. 1813.). Dieselbe besteht aus 20

Plattenpaaren von 4 Fuß Länge und 2 Fuß Breite, der er nachher noch eine andere Vorrichtung von 20 Platten beifügte, deren jede 6 Fuß Länge und 2 Fuß 8 Zoll Breite hatte.

12.

So wie sich die galvanische Verstärkung ausbildete, wurde der Eifer berühmter Naturforscher nur mehr angefacht, galvanische Versuche anzustellen. Und nun liegt wirklich eine Masse von Thatachen vor uns, die aber den Forschgeist eher zu drücken als zu erhellen scheinen. Noch immer gehören die galvanischen Phänomene unter jene Naturphänomene, die einer Zurückführung auf Gesetze, sonach einer Erklärung bedürfen. Ich versuche eben die Gesetze, worauf die Phänomene des Galvanismus beruhen, aufzuzeigen, und demnach sie zu erklären (eine Theorie des Galvanismus aufzustellen.)

13.

Die Phänomene des Galvanismus sind, wie wir sagten (1.) zweierlei, die der einfachen Kette (2.), und die der Verstärkung (8. 10.).

Sind daher die Gesetze aufgefunden, woraus die Hauptphänomene sowohl der einfachen Kette als die der Ver-

stärkung hervorgehen und verständlich werden; so ist allerdings der Galvanismus erklärt.

14.

Die Gesetze, die in den galvanischen Experimenten walten, sind die des elektrischen und chemischen Lebens, denn der Galvanismus (die in den galvanischen Erscheinungen wirkende Thätigkeit)

ist nur Wechselkampf des Electricismus und Chemismus, aus dem bald jener, bald dieser, bald beide sieghaft hervorgehen.

Die Richtigkeit dieser Ansicht soll sich in dem Folgenden selbst erproben.

15.

Ich entlehne aus meiner Elektricitätslehre (Theorie der Elektricität. Landshut. 1808.) als erwiesene Sätze:

1. Die Elektricität (der Electricismus) ist eine Flächenkraft, durch blosse Berührung erregbar.

2. Die erregte Elektricität irgend eines flachen Körpers (Kuchens, einer Scheibe) tritt allemal mit zweifachem Charakter hervor

auf einer Seite $= + E$

auf der andern $= - E$.

3. Die aus der Indifferenz E hervorgegangenen Differenzen $+ E$ und $- E$ streben, sich einander suchend, zur Wiedervereinigung; und ihre Wirksamkeit erlischt erst in der errungenen Wiedervereinigung.

4. Die im Conflict begriffenen Differenzen $+ E$ und $- E$ erregen durchweg sich einander wechselseitig.

5. Der Chemismus ist wie der Elektricismus eine dynamische Thätigkeit, aber nach allen Dimensionen wirkend, die Massen durchgreifend.

6. Der Elektricismus durch Berührung zweier entgegengesetzten Flächen erregt, bedingt in einem angränzenden feuchten Medium den Chemismus, der hinwieder den Elektricismus bedingt.

Nun die Ableitung der Hauptphänomene der einfachen Kette und der galvanischen Verstärkung aus diesen Sätzen.

Zu den *Hauptphänomenen* der *einfachen Kette* rechne ich

1. Die Reizung der Nerven- und Muscelfasern in ihrer Berührung zweierlei Metalle;

2. Dieselbe Reizung in Berührung derselben Nerven- und Muscelfasern in ihrer Berührung mit reinem Wasser;

3. Die Nachlassung der Reizung nach geschlossener Kette, und neue Reizung bei Oeffnung der Kette.

1. Reizung der Nerven- und Muscelfasern in ihrer Berührung zweierlei Metalle. Ein Froschschenkel wird, wie wir schon erwähnten (3.), gewaltig gereizt, wenn sein Cruralnerv auf einer Zinkfläche und sein Wadenmuskel auf einer Silberfläche aufliegt (oder umgekehrt), und dann die beiden Metalle mit einem leitenden Bogen (Drathbogen) berührt werden.

Nämlich die Zink- und Silber-Platte bilden zwei Gegensätze, die sich zueinander verhalten wie Negatives zum Positiven. Die Zinkfläche vom negativen Charakter, und die Silberplatte

vom positiven Charakter, die sich mittelst des Thierorgans berühren, erregen sich einander wechselseitig, das $+E$ des Silbers erregt das $-E$ des Zinks, und macht dessen $+E$ frei, während daß im Silber das $-E$ in Freiheit tritt (einem dynamischen Gesetze zufolge). Es befindet sich daher die aufliegende Seite des Silbers im Zustande $+E$, die obere aber im Zustande $-E$ (15. 2.). Das Nämliche muß in der correspondirenden Zink-Platte statt haben; diese hat an der untern Seite $-E$, indem die obere sich im Zustande $+E$ befindet *). Der elektrische Zustand beider Platten wird erst noch erhöht nach dem Gesetze der wechselseitigen Erregung (15. 4.), und einem Gesetze des Elektrophors zufolge, das wir condensatorisch nennen (Theorie der Elektrizität):

Daß sich also bei der einfachen Kette jedes Metall auf beiden Seiten in einem elektrischen Zustande befindet, auf einer in dem von $+E$, auf der andern von $-E$;

*) Diese Erscheinung erklärt man gewöhnlich durch „die Vertheilung“; aber damit giebt man für das Zuerklärende ein Unerklärtes.

Dafs sich die miteinander im Conflict stehenden Flächen der Silber- und Zink-Platte verhalten wie $-E$ zu $+E$; dafs ihr elektrischer Zustand erhöht ist, als in ihrer isolirten Berührung, und dafs sonach sich Silber- und Zink-Platten auf irgend einer Fläche aufliegend, und durch einen feuchten Körper verbunden, sich ganz anders verhalten, als wenn sie ausser solcher Verbindung, und nicht aufliegend behandelt werden *).

Wird

*) In Volta's Versuche mit zwei polirten Platten von Silber und Zink zeigte sich, dafs diese zwei Metalle durch blosse Berührung elektrisirt wurden, und zwar

Silber $= -E$

Zink $= +E$,

ganz einstimmig mit dem Gesetze der Erregung, vermöge welchem der Körper vom positiven Charakter einen andern vom negativen durch Berührung plus elektrisirt, während dafs er selbst in den Minuszustand übergeht (M, Theorie der Elektrizität. No. 21. etc.). Die Duplicität ($+E$ auf einer, $-E$ auf der andern Seite) wurde indess weder im Silber noch im Zink wahrgenommen; dieselbe ist nämlich durch die Umgebung, mit der die Metalle in Berührung kommen (aufliegen) bedingt (Theorie der Elektrizität. No. 60. etc.)

Wird nun die Silber - und Zink - Fläche (die — und + Seite) durch einen leitenden Bogen in Verbindung gesetzt, so ist Weg gemacht zur Vereinigung der Differenzen — E und + E in die Indifferenz E (15. 3.). Indefs erfolgt diese Vereinigung durch den bessern Leiter, somit durch den metallischen Bogen, und es bleibt die Frage: wodurch werden Nerven - und Muscel des Frosches gereizt? — Der Nerve auf der Zinkfläche + E und der Muscel auf der Silberfläche — E aufliegend (oder umgekehrt) nehmen durch Berührung an der erregten Elektricität Theil, und Nerve und Muscel kommen zu einander in das Verhältniß wie + E zu — E ; diese Entgegensetzung wird erst noch erhöht durch Wechselwirkung und nach dem Gesetze des Condensators. Vereinen sich daher mittelst des Bogens die Differenzen + E und — E der Metalle zur Indifferenz E , so suchen sich auch die Gegensätze der Nerven - und Muscel-Fasern, die durch die Unterlage nicht mehr gehalten werden, und treten im Momente der Kettenschließung in Verein $\equiv E$: wobei dann allerdings die Nerven -

und Muscel - Fasern zusammengezogen ,
gereizt werden müssen.

* Der Zustand erregter Flächenkraft
in der einfachen Kette ist demnach
dieser :

Die Silberplatte $\left\{ \begin{array}{l} \text{unten } + E \\ \text{oben } - E \end{array} \right.$ (in der Berüh-
rung des Froschorgans)

Die Froschorgane
in Berührung der
Silberfläche $\left\{ \begin{array}{l} = + E \\ = - E \end{array} \right.$
in Berührung der
Zinkfläche

Die Zinkplatte $\left\{ \begin{array}{l} \text{unten } + E \\ \text{oben } - E \end{array} \right.$ (in Beziehung auf
die Silberfläche $+ E$)

Nämlich die von einander abge-
wandten Metallflächen S und Z
verhalten sich zueinander wie $+ E$ zu $- E$,
und dieselbe Polarität entsteht nach
dem Gesetze der Erregung in dem da-
zwischen liegenden feuchten Körper
H; der Typus der einfachen Ket-
te ist demnach nachstehender :

$S = \left\{ \begin{array}{l} \text{unten } + E \\ \text{oben } - E \end{array} \right.$

$H = \left\{ \begin{array}{l} \text{unten } + E \\ \text{oben } - E \end{array} \right.$

$Z = \left\{ \begin{array}{l} \text{unten } + E \\ \text{oben } - E \end{array} \right.$

**** Die Reizung des Froschorgans erfolgt mit der nämlichen Lebhaftigkeit, wenn dasselbe auf dem blossen Tisch aufliegt, und ein leitender Drathbogen, der mit Zink endet, den Nerven berührt, und sein anderes Ende, das Silber ist, an den Muscel greift. Also die Berührung weniger Puncte bedingt die Erregung der Flächenkraft: woraus zu ersehen ist, daß das Minimum erweckter Elektricität in die feuchten Theile des thierischen Organs schon chemisch eingreife, und sonach den Chemismus erzeuge, der dann erregt hinwieder die Elektricität erhöht (15.6.). Es ist daher der Muscelreiz durch die einfache Kette bewirkt nur Erfolg der Wechselwirkung des Electricismus und Chemismus.**

18.

2. Reizung der Nerven und Muscelfasern in ihrer Berührung mit reinem Wasser. Stehen zwei Schalen voll Wassers nebeneinander, und ein präparirter Frosch wird so gelegt, daß seine Lendennerven in einer und seine Schenkelmuscel in der andern eingetaucht sind; so erfolgt der Muscelreiz gleichmäfsig, sobald der Drathbogen die Wasserflächen beider Schalen berührt.

Nerve und Muscel bilden für sich zwei Gegensätze, und verhalten sich

zueinander wie Plus zu Minus (Physiologie). Das Wasser, das eine chemisch indifferente Substanz ist, und durch Berührung mit diesen Gegensätzen in Conflict kommt, ist leicht erregbar so,

dafs am Organ $= + E$ das Wasser $= - E$

und am Organ $= - E$ das Wasser $= + E$ wird.

Die Differenzen werden durch Wechselwirkung und dem condensatorischen Gesetze zufolge noch vergrössert. Berührt man nun die Wasserflächen mit einem leitenden Bogen, so greift dieser in zwei Gegensätze ein, und die zwei Gegensätze verbinden sich zur Indifferenz (vorherg.). Aber im Augenblicke kehren auch die im Froschorgan erregten (vorhin gehaltenen) Gegensätze in Verein, und reizen durch ihren Conflict die Fasern der Nerven und Muscel.

* Das Verhältniß, das zwischen Nerven und Musceln und dem Wasser statt findet, und sich im galvanischen Reiz so auffallend ausspricht, ist diesernach in physiologischer Hinsicht allerdings von hoher Bedeutung?

19.

3. Nach geschlossener Kette erischt die Reizkraft; sie wird aber bei Oeffnung derselben neu thätig.

So lange das Verhältniß der zwei Metalle untereinander und zum Froschorgan dasselbe bleibt; so dauert die wechselweise Erregung der dynamischen Kräfte immer fort; aber die erweckten erschlaffen sogleich wieder in der Indifferenz, so lange die beiden Metallplatten durch einen Leiter in Verbindung stehen, oder die Kette geschlossen ist. Sobald aber die Verbindung aufgehoben, die Kette geöffnet wird, so fängt die Differenzirung an bleibend zu sein, und es erfolgt der Kräfteconflict, die Reizung.

20.

Nebst den angeführten Hauptphänomenen der einfachen galvanischen Kette ist noch auszuzeichnen das grosse Vermögen den Galvanismus zu leiten, das man im reinen Wasser und im menschlichen (thierischen) Leibe wahrnimmt. Nur zwei Versuche.

Vorrichtung. Es seien zwei armirte Stäbchen in Bereitschaft. Stäbchen von Messing 6 Zoll lang 1 Linie dick, an deren einem ein Viertelzoll langes Kupfer und Zink (SZ), am andern ein ähnliches Stückhen Zink und Kupfer (ZS) angelöthet ist, neune

ich armirte Stäbe, denn sie erweisen sich bedeutsam als Verstärkungen (Armaturen).

1. Versuch. Man legt einen Froschschenkel mit seinem Lendennerven, an dem noch ein Stückchen Rückgrades hängt, in einer Schale voll Wassers, den Schenkel aber in eine andere wässervolle Schale; man reiht an die zwei Schalen mehrere an, und setzt sie am Rande durch einen Stanniolstreifen in Verbindung. Das Wasser sei in allen Schalen reines Wasser. Nun berührt man das Wasser, in dem der Nerve liegt, mit dem Stäbchen, an dessen Ende Zink angelöthet ist, und dann das Wasser, worinn sich der Muskel befindet, mit dem Stäbchen, das in Kupfer endet, und durch einen dehnbaren Drath mit dem ersten verbunden ist. Das Froschorgan wird stark gereizt, man mag das Wasser mit den Stäbchen entweder in der Nähe oder Ferne desselben berrühren, und diese Berührungen entweder in der ersten, zweiten oder zehnten Schale vornehmen. — Würde das reine Wasser der Erregung, die hier eine schwache Elektricität bewirkt (17. * *), und der Fortpflanzung der Erregung (Leitung) merklich widerstehen: würden solche Erfolge wohl möglich sein?

Nämlich das Wasser ist als indifferente Substanz (18.) eine Erscheinung, in der die Kräfte im vollkommenen Gleichgewichte und sonach durch die leiseste Anregung in Thätigkeit zu setzen sind.

* Ich habe dieselben Versuche in einem langen Wassertroge, und hernach in einem Flusse angestellt. Die armirten Stäbchen wirken über alle Gränzen hinaus. Auch in feuchter Erde gelingen die Versuche über alle Erwartung.

2. Versuch. Es liege ein präparirter Frosch auf einem hölzernen Teller ausgestreckt; man ergreife mit trockenen Fingern einen armirten Stab, und lege ihn mit dem Zinkende an einen Lendennerven; zugleich nehme man den anderen Stab mit dem Kupferende zwischen die trockenen Finger der andern Hand, und rühre damit einen Muscel an: das Froschorgan wird stark gereizt. — Man lasse mehrere Personen sich die trockenen Hände bieten, und einen Kreis machen; von den äussersten Personen lege eine mit trockenen Fingern den armirten Stab Z an den Nerven des Präparats, die andere den armirten Stab S mit trockenen Fingern an einen Muscel: es erfolgt der Muscelreiz.

* Es erweist sich daher bei dem Gebrauche der Stabarmaturen der menschliche Leib

sehr erregbar, ohne daß das Oberhäutchen ein merkliches Hinderniß entgegengesetzte: sonach verhält sich der menschliche Leib in Hinsicht schwach erregter Elektrizität beinahe wie Wasser (18. **).

** Ich gab den armirten Stäben eine besondere Einrichtung, wobei sie sich polarisirt aussprechen, ihr Verhältniß zu den organischen Körpern nur auffallender kund geben, und die Richtigkeit dynamischer Ansicht des Galvanismus augenscheinlichst machen. Die Versuche fordern eine eigene Beschreibung, die ich anderswo geben werde.

*** Das Leitungsvermögen sowohl des reinen Wassers als des menschlichen Leibes veroffenbaret sich sehr auffallend, wenn 20 oder noch mehrere Personen, die sich die Finger mit reinem Wasser nassen, einen Kreis bilden, und wie vorhin gesagt worden, verfahren. Der Muscelreiz eines Frosches, der im Kreise liegt, zeigt sich heftig und kündigt sich sonach auch als einen Erfolg der Wechselwirkung (17.) an.

**** Setzt man das armirte Stäbchen Z mit trockenen Fingern an den Nerven eines Froschschenkels, und greift mit einem Finger der andern Hand an der Muscel, oder berührt nur die feuchte Stelle, worauf er liegt, so zuckt der Frosch, welches nicht angeht, wenn man das Stäbchen S in die Hand nimmt, und wie eben geschehen, verfährt. Dieser Erfolg ist sehr wichtig, indem er lehrt:

dafs die Fingerflächen
mit Zink
einen Gegensatz vom hohen Grade bilden.
Diese Thatsache ist zumal bei Versuchen
mit dem Condensator in Anschlag zu
bringen, welches Volta bei Beurtheilung sei-
ner Versuche, worauf er die Theorie der gal-
vanischen Verstärkung baute, übersehen hat.
Ich führe die Versuche an, denn sie sind
merkwürdig, aber nur so viele Bestätigungen
der bisher gegebenen Erklärungen.

21.

Versuche. 1. Wenn man einen Streifen
von Kupfer und Zink an den Enden zusammen-
löthet, dann das Zinkende des Streifens
zwischen die Finger nimmt, und mit
dem Kupferende den oberen Teller eines
Condensators, der gleichfalls von Kupfer ist
berührt: so wird dieser negativ geladen.
2. Hält man dagegen den Kupferstreifen
zwischen den Fingern, und berührt den
kupfernen Deckel des Condensators mit dem
Zinkende, so erhält dieser keine Elek-
tricität 3. Wird zwischen dem obern Tel-
ler des Condensators mit dem Zinkende ein
mit reinem Wasser getränktes Papier oder
irgend eine feuchte Substanz gebracht, und
mit dem Zinktheil des Streifen berührt;
so lädt sich der Condensator positiv 4. hin-
gegen negativ, wenn man mit dem Kupfer-

theil den feuchten Körper berührt, während man den Zinkstreifen zwischen den Fingern hält.

Nur Zink macht mit den Fingern einen so grossen Gegensatz, daß die Erregung der Elektricität durch den Zink und zwar $\equiv -E$ (ganz conform der Gesetze meiner Theorie der Elektricität (No. 24 — 27.) statt hat, die sich dann dem Kupfer, und durch diesen dem Condensator mittheilt (Vers. 1.). Da zwischen dem Kupfer und den Fingern sich kein so grosser Gegensatz findet als zur Differenzirung der Indifferenz E nöthig ist: so wird auch dem Condensator keine Elektricität mitgetheilt (Vers. 2.). Liegt zwischen dem Metallstreifen und dem Condensatordeckel eine feuchte Substanz: so tritt auch das chemische Verhältniß ein (17.). Rührt dann das Zinkende den feuchten Körper an, so ist der dynamische Zustand der Verbindung folgender:

Zink in Berührung mit Kupfer auf der von der Berührung abgewandten

Seite $= -E$

feuchte Substanz $= \begin{cases} +E \\ -E \end{cases}$

kupferner Deckel $= +E$. (Vers. 3.)

Berührt das Kupfer die feuchte Substanz
 so ist Kupfer auf der von der Berüh-
 rung abgewandten Seite $- - = + E$

Der feuchte Körper $- - - = \begin{cases} - E \\ + E \end{cases}$

Der kupferne Deckel $- - = - E$

(Vers. 4.) — Wir sehen daher nur den
 dynamischen Zustand einer ein-
 fachen Kette bloß in einer ande-
 ren Form (17. *).

* Die Reizung eines Froschorgans, das
 mit seinen Nerven in einer und mit seinen Mus-
 celn in einer andern wasservollen Schale
 liegt (2. Vers. 1.), setzt voraus, was die Phy-
 siologie lehrt: Nerven und Musceln
 verhalten sich zu einander wie Ge-
 gensätze. Dieß wird in nachstehenden
 Versuchen anschaulich.

22.

Versuche. Man legt einen Froschschen-
 kel mit seinem Lendennerven, an dem noch
 ein Stückchen Rückgrades hängt, auf den Tisch,
 und an diesen bringt man den anderen Schen-
 kel so, daß der Lendennerve des zwei-
 ten auf den Wadenmuscel des ersten liegt.
 Hierauf setzt man das armirte Stäbchen
 mit dem Zinkende (20.) an den Nerven
 des ersten, und berührt mit dem anderen
 Stäbchen, das in Kupfer endet, den

Wadenmuscel des zweiten: so zucken beide Froschschenkel. Wird aber der zweite Froschschenkel so gelegt, daß der Wadenmuscel beider übereinander (Muscel auf Muscel) liegen, und man berührt dann den Nerven des einen mit Zink und den Nerven des andern mit Silber: so erfolgt keine Reizung, weder des einen noch des andern Schenkels.

Wird vom Nerven des einen Froschschenkels das Stückchen Rückgrades abgeschnitten, und man berührt mit den herabhängenden Nerven die Muscel des andern, so zucken beide Schenkel, geschieht die Berührung der Nerven untereinander, so wird keine Zuckung wahrgenommen.

Die Zuckungen der Froschorgane zeigen sich gewaltig, wenn man mit dem armirten Stäbchen Z den Nerven des ausgestreckt (trocken) liegenden Schenkels berührt, und den andern Froschschenkel so mit den Fingern über denselben hält, daß der herabhängende Nerve mit dem Stückchen Rückgrades die Musceln des liegenden erreicht: der Froschschenkel, den man zwischen den Fingern hält, wird fortgeschleudert. U. s. w.

* Die Beobachtung des Alex. v. Humboldt, daß ein Froschschenkel gereizt wird, wenn eine

Froschleber an Nerven und Muscel rührt, gehört eben hieher.

* * Sind die Organe von sehr lebhaften Fröschen genommen, so kommen (anfangs) Reizungen zum Vorschein, wenn auch nur der Nerve des einen den Nerven des andern berührt. Die Nerven sind nämlich nie ganz rein von Muscelfasern, und da treffen auch dann, wann Nerven einander berühren, immer Gegensätze zusammen, die sich bei grosser Lebhaftigkeit der Organe durch Reizung äussern.

Weitere Versuche. Man nimmt den Wadenmuscel eines Froschschenkel so zwischen die Finger einer Hand, dass die Lendennerve herabhängt, und die Fläche eines Wassers, das in einem porzellanenen Teller steht, berührt. Jetzt setzt man mit der andern Hand das Zinkende des armirten Stabes in das Wasser. Im Augenblicke der Wasserberührung fängt der Froschschenkel heftigst zu oscilliren an. — Wird derselbe Versuch wiederholt mit dem Unterschiede, dass man anstatt des Muscels, den Nerven des Froschschenkels zwischen die Finger nimmt: so erfolgen keine Oscillationen, sondern nur eine schwache Reizung der Muscel wird wahrgenommen.

*) Hier kommt zwar die Nerve mit den Musceln nicht unmittelbar in Conflict; aber wir

sehen doch ein anderes Verhältniß zwischen Zink und Nerven als zwischen Zink und Muscel; und dieses kündigt allerdings den Nerven und die Muscel als Gegensätze an. Das Phänomen ist frappant; dasselbe weist unter anderem auf das chemische Verhältniß des Zinks zur feuchten Substanz hin, und zeigt die grosse Leitungsfähigkeit des Wassers in einem eigenen Glanze. U. s. w.

23.

Die Hauptphänomene der galvanischen Verstärkung können

in die allgemeinen und in die besondern unterschieden werden. Zu den allgemeinen (jeder Säule gemeinen) zähle ich

1. den Zustand der erregten Kräfte einer Verstärkung im Ganzen und in den Theilen;
2. das Verhältniß der Verstärkung zur Zahl der verbundenen einfachen Ketten;
3. die sich selbst erneuernde Kraft in der Verstärkung ohne äusseres Zuthun;
4. die Bedingtheit der Säulenwirkung durch das Wasser.

1. Zustand der erregten Kräfte einer galvanischen Verstärkung im Ganzen und in ihren Theilen Die galvanische Verstärkung soll nach der Ansicht ihres Erfinders, des Alexanders Volta, eine Vervielfältigung und Verbindung der einfachen Kette sein (8.); und sie ist in der That nichts anderes. Die galvanische Verstärkung beruht daher auf den Gesetzen der einfachen Kette, und ist auch aus denselben vollkommen verständlich. Der Zustand der erregten Kräfte einer galvanischen Verstärkung ist denselben gemäß wie folgt:

$$\begin{array}{l}
 \text{erste} \\
 \text{einfache} \\
 \text{Kette}
 \end{array}
 \left\{
 \begin{array}{l}
 S = \left\{ \begin{array}{l} \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \end{array} \right. \\
 H = \left\{ \begin{array}{l} \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \end{array} \right. \\
 Z = \left\{ \begin{array}{l} \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \end{array} \right.
 \end{array}
 \right.
 \quad (17. *).$$

$$\begin{array}{l}
 \text{zweite} \\
 \text{einfache} \\
 \text{Kette}
 \end{array}
 \left\{
 \begin{array}{l}
 S = \left\{ \begin{array}{l} \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \end{array} \right. \\
 H = \left\{ \begin{array}{l} \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \end{array} \right. \\
 Z = \left\{ \begin{array}{l} \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \end{array} \right.
 \end{array}
 \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{dritte} \\ \text{einfache} \\ \text{Kette} \end{array} \right\} \begin{array}{l} S = \\ H = \\ Z = \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \\ \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \\ \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{vierte} \\ \text{einfache} \\ \text{Kette} \end{array} \right\} \begin{array}{l} S = \\ H = \\ Z = \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \\ \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \\ \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{fünfte} \\ \text{einfache} \\ \text{Kette} \end{array} \right\} \begin{array}{l} S = \\ H = \\ Z = \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \\ \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \\ \text{unten} + E \\ \text{oben} - E \end{array} \right.$$

U. s. w.

(Vergleicht man den Anfang der Säule (von unten herauf) mit dem Ende derselben, so macht das $S = + E$ mit dem $Z = - E$ einen Gegensatz, während die Mitte, wo sich durchweg $+ E$ und $- E$ zu E vereint, in dem Indifferenzzustande befindet.

Zugleich wird augenscheinlich, daß in anderweitigen Beziehungen dennoch im-

immer die Gegensätze hervorgehen können, und wirklich hervorgehen, wenn sich das $S = + E$ der zweiten Kette mit dem $Z = - E$ der vierten schließt. U. s. w.

Die besondern Gegensätze, die sich in Bezug auf die Säulenenden in die Ganzheit verlieren, nehmen aber, wie es erhellet, mit ihren Entfernungen von den Extremen an Stärke immer ab, und gehen in der Mitte (hier in der dritten einfachen Kette) zur völligen Indifferenz über.

Wird die Säule so gebaut, daß sie mit Zink anfängt, und mit Kupfer endet, so bleibt der Zustand in dynamischer Hinsicht derselbe nur in verkehrter Ordnung: der Anfang der Säule ist $- E$ das Ende $+ E$. U. s. w.

* Da die dynamische Thätigkeit in Form der Linie (Länge) wirkend $\equiv + \text{---} \circ \text{---} -$ Magnetismus heißt, (M. Lehre vom Magnete und Magnetismus. Landshut 1806.) und die galvanische Säule eine Länge bildend, an einem Ende $+$ am andern $-$ und in der Mitte $\circ$ (Indifferenz) zeigt, so erscheint der Galvanismus dynamisch betrachtet hier als „Magnetismus.“

25.

2. Die Verstärkung des Galvanismus steht unter gleichen Umstän-

den mit der Zahl der einfachen Ketten im Verhältniß.

Reiht sich die zweite Kette an die erste, so kommt das Kupfer mit der Zinkfläche — — E in Berührung (vorherg.), es wird daher die Flächenkraft des Kupfers zweite Kette schon mehr erregt als in der ersten, wo sich die berührten Flächen noch im Zustande E befinden. Nun kommt noch die Wechselwirkung und die condensatorische Erhöhung in demselben Masse hinzu (17.); und so wird dann der Galvanismus der zweiten Kette in mehrern Hinsichten um das Doppelte verstärkt. Legt sich dann die dritte Kette an, so berührt ihr Kupfer das verstärkte — E des Zinks; dieses äussert sich daher wieder erregender als in der zweiten Kette, und es erfolgt in der dritten Kette eine Verstärkung, die den dreien Verbindungen proportional ist. Und so muß fortwährend mit der Zahl der einfachen Ketten die Verstärkung zunehmen, und demnach unter gleichen Umständen im Verhältniß mit der Zahl der einfachen Ketten stehen.

* Da die Erregung der Elektricität durch die Berührung bedingt ist (15. 1.); so ist klar, daß bei vermehrten Berührungen die Elektricitäts-Intension wachse, und sonach bei Vergrößerung der Plattenfläche sich auch der Galvanismus verstärken müsse.

** Indem die Enden der galvanischen Säule (ihre Pole) zwei Flächen bilden, die sich zueinander verhalten wie $+E$ zu $-E$; so ist die galvanische Säule als ein Doppелеlektrophor zu betrachten (M. Theorie der Elektricität und meine Abhandlung: „der Doppелеlektrophor aus Harz und Glas, seine Erscheinungen und Gesetze.“ 1815.) Es muß demnach das Gesetz statt haben: „die Veränderung auf einer Seite hat auch die Veränderung auf der andern Seite zur Folge.“ Es kann daher die Verstärkung am Säulenende $-E$ im Verhältniß der Zahl einfacher Ketten (25.) nicht erfolgen, ohne daß der Anfang der Säule $+E$ in demselben Verhältniß verstärkt werde: daher die volle starke Wirkung der Säule, wenn man Dräthe (Stäbe), die unten am Kupfer $= +E$, und oben am Zink $= -E$ angemacht sind, in Verbindung bringt (die Kette schließt).

3. Die Verstärkung, die durch Schliessen der Kette ihre Thätigkeit in der Indifferenz Erschöpft, erneuert sie nach Oeffnung der Kette ohne äusseres Zuthun wieder.

Das thätige Princip in der galvanischen Verstärkung ist lediglich durch die Berührung entgegengesetzter Flächen bedingt (17.), und ist wechselweise erregter Elektricismus und Chemismus (15.). Da nun nach Schliessung der Kette die Berührung fortwähret, so wiederholt sich die Thätigkeit immer ohne äusseres Zuthun, und kommt auch sogleich wieder nach Oeffnung der Kette in neuen Wirkungen zum Vorschein, ganz conform dem, was bei der einfachen Kette erfolgt (19.).

4. Die Wirkungen der galvanischen Verstärkung sind durch die Feuchtigkeit bedingt, die den Wirkungen der elektrischen Werkzeuge und Maschinen sehr hinderlich ist.

Nämlich der Galvanismus ist nicht
reine Elektrizität; er ist eine Ge-
sammtkraft

von Elektricismus
und Chemismus,

und so wie jener diesen aufregt, so hebt
dieser jenen durch Wechselwirkung
(16. 6.).

* Die gegebene Erklärung bewähret sich in der
Thatsache, daß bei dem Gebrauche verschie-
dener Flüssigen, die man zwischen
die Metallplatten bringt, die Wirkung
der Säule von verschiedener Stärke ist.
Zumal begünstigen die starke Säulenwirkung
gesalzenes oder gesäuertes Wasser.
Zwar schreibt man mit Volta, Gay-Lussac,
Thenard u. a. die grössere Wirksamkeit
bei dem Gebrauch des gesalzenen oder gesäuer-
ten Wassers seinem grössern Leitungs-
vermögen, als das des gemeinen Was-
sers ist, zu. Allein da in der galvanischen
Kette die elektrische Action hinwieder durch
die chemische bedingt ist, und das che-
mische Verhältniß verschiedener
Flüssigen zu den Metallen verschieden ist,
so muß die Erregung des Galvanismus beim
Gebrauche des Wassers mit beigemischten Sal-
zen oder Säuren allerdings anders ausfal-
len als bei dem Gebrauch des reinen Was-
sers, ohne eine bessere oder schlech-
tere Leitung der Flüssigen als Ursache

annehmen zu müssen, zumal das Leitungsvermögen der feuchten Substanz in der galvanischen Säule (24.) ein fremder Begriff ist, und selbst Gay-Lussac und Thenard die Wirkung des Galvanismus auf den Condensator, der Voraussetzung der grössern oder kleinern Leitungsfähigkeit nicht durchweg gemäß gefunden haben (Gilberts Annalen).

* * Unter den deutschen Naturforschern hat Prof. Ermann in Berlin, sehr bestimmt und allgemein die geringe Leitungsfähigkeit des Wassers in Hinsicht des Galvanismus ausgesprochen, ob er gleich selbst bemerkte, daß das Wasser die Elektricität vollkommen leite, wenn der sogenannte Gasapparat nur mit einem Pol der Säule in Verbindung steht, hingegen sich als nichtleitend äussere, wenn beide Dräthe des Gasapparats mit beiden Polen der Säule in Verbindung kommen. Diese Beobachtung ist aber nur Bestätigung obiger Erfahrung (20.) „das Wasser (das reine) sei durch schwache Elektricität der elektrischen Erregung höchst empfänglich, und sonach für schwache Elektricität höchst leitend.“ Wirkt die Elektricität sehr verstärkt, so greift sie mächtig in das Wasser (oder sonst in ein Medium) ein, und erschöpft sich an den chemischen Actionen: wodurch dann die elektrische Thätigkeit allerdings im Wasser, es sei rein oder mit Sal-

zen gemischt, Hemmung und Aufhalt erleiden muß.

*** Man mag einwenden: es giebt *trockene Säulen*, und diese widerlegen factisch den gegebenen Begriff von Galvanismus (14.) und die aufgestellte Theorie. — Ich werde vorerst erzählen, und alsdann auf die Einwendung antworten. Biot war, so viel ich weiß, der erste, welcher eine sogenannte trockene Säule gebaut hat; sie bestand aus Kupfer, Zink und aus Scheiben geschmolzenen und getrockneten Salpeters. Seitdem wurde der Bau trockener Säulen mannigfaltig wiederholt. H. Behrens errichtete 1806 eine trockene Säule aus Zink, Kupfer und Goldpapier, auch der Feuersteine bediente er sich, deren entgegengesetzten Flächen er mit angeriebenen Zink und Kupfer überzog. De Luc wählte bei seinen trockenen Säulen gewöhnliches Schreibpapier als Zwischenlage. Zamboni (Professor in Verona) fertigte eine trockene Säule aus Scheiben ungeleimten Silberpapiers, das auf der unbelegten Seite mit einem Teig aus Braunstein und Honig belegt ist. Leibmedicus Jaeger fand, daß verschiedene Harze, Seide, thierischer Leim, Glas u. a. als Zwischenlagen zu trockenen Säulen taugen. — Behrens zeigte die Wirkung seiner trockenen Säulen in der Oscillation eines Goldblättchens, die er ihrer Dauer wegen ein elektrisches perpetuum mobile nannte. De Luc dehnte die Wirkung seiner trockenen Säulen auf die Schwingungen einer von einem Seiden-

faden herabhängenden goldenen Kugel aus. Forster liefs zwischen zwei isolirten Glocken, die er mit den Säulenenden verband, eine kleine Metallkugel oscilliren, und ein Glockenspiel darstellen. Zamboni gab diesem Phänomen noch den größten Glanz, indem er, einer Nachricht aus München zufolge (v. D. Assolini) einen Säulenapparat herstellte, in dem zwischen zwei trockenen Säulen eine Nadel, schon zwei Jahre lang, gleichförmige Schwingungen machen, und sonach unter anderem zum Zeitmafs dienen soll. Diese Thatsachen setzen allerdings die Wirklichkeit trockener Säulen ausser Zweifel. „Aber sind die trockenen Säulen auch „galvanische Säulen“? — — Vergleichen wir die Construction einer trockenen Säule mit der einer galvanischen (Voltaischen), so steht aller Unterschied darin, dafs in jener zwischen die Metalle eine trockene, in dieser hingegen eine feuchte Fläche gelegt wird. Dieser Unterschied ist aber wesentlich, und bedingt ein zweifaches, ganz ungleichartiges Kräftepiel; wie diess auch die verschiedenen Wirkungen der zweierlei Säulen augenscheinlich kund geben. Die trockene Säule des Prof. Zamboni gehört unter die wirksamsten dieser Art, und man nimmt daran keine andere Erscheinung wahr, als die Oscillation der Nadel; sie giebt nicht einmal Funken, und nirgends zeigt sich an ihr eine Spur von chemischer Wirkung. Und sind gleich auch

Funkenerscheinungen von den trockenen Säulen zu erwarten, und bereits erhalten worden, so ist doch vor auszusehen, daß eine trockene Säule immer un vermögend bleibe chemisch zu wirken. Im Gegentheile vereint eine galvanische (feuchte) Säule die elektrischen und chemischen Wirkungen, und äußert sich in zweifacher Hinsicht gewaltig. Die trockene Säule ist demnach ein auf die Flächenkraft eingeschränkter, ein bloß elektrischer Apparat, dessen Hauptwirkung pur elektrometrisch, ein Anziehen und Abstossen leicht beweglicher Körper ist, während daß die galvanische Säule sich mit ihrer Thätigkeit auf alle Dimensionen erstreckt, und sonach eine ganz besondere und viel weiter auslangende Vorrichtung ist. Zudem kommt die einfache galvanische Kette, und ihre bedeutungsvolle Wirkung in der trockenen Säule gar nicht zum Vorschein; da doch eine galvanische Säule nur Wiederholung und Vervielfältigung der einfachen Kette sein kann. — Einmal die trockene Säule ist bloß elektrischer Art und nichts anderes, als „ein verstärkter „Condensator.“ Richtig beurtheilt daher H. Dr. Jaeger die trockene Säule, indem er sie als ein System von Condensatoren vorstellt, und diese Ansicht auch auf die feuchten Säulen angewandt wissen will. (Gilbert's Annalen von diesem Jahre.) Nur muß die trockene Säule der feuchten (der

galvanischen) auch geradezu entgegengesetzt, und der Galvanismus in seiner hohen Bedeutung aufgefaßt werden. Eine Gleichstellung trockener und feuchter Säulen verrückt immer den Gesichtspunct, und führt vom Wahren ab. Es kann daher nicht zu laut gesagt werden: „Die trockene Säule hat mit der galvanischen ausser der Form nichts gemein; sie ist keine galvanische Säule: eine trockene galvanische Säule ist, und bleibt ein Unding.“

28.

Die besondern Phänomene der galvanischen Verstärkung (die in Hinsicht auf Intension nicht jeder Säule gemein) sind überhaupt zweierlei Art:

1. rein elektrische, und

2. chemisch elektrische, die sich dann wieder entweder in den starren Körpern,
oder in den Flüssigen,
oder in einer Mischung aus festen und flüssigen Substanzen wahrnehmen lassen.

29.

Die rein elektrischen Phänomene sind die des Anziehens und Abstos-

sens leicht beweglicher Körperchen. Da diese Phänomene sich am Elektrometer wahrnehmbar machen, so mögen sie auch elektrometrische (elektroskopische) heißen. Zu den chemisch elektrischen gehören vornehmlich diejenigen, die meistens nur beobachtet werden, wenn die galvanische Säule in dem Grade der Funkenenerzeugung wirkt; dieselben zeigen sich

in den starren Körpern, namentlich in Metallen durch Schmelzung, Verbrennung u. s. w.

in den Flüssigen z. B. durch Zersetzung des Wassers in Hydrogen und Oxygen,

in den Mischungen durch Erschütterung menschlicher (thierischer) Organe und durch reizenden Einfluß auf die Pflanzen; durch Beschleunigung der Gährungen; durch Zersetzung alkalischer und erdigter Substanzen u. s. w.

30.

In Hinsicht der rein elektrischen Phänomene gilt das allgemeine Gesetz: „daß die Verstärkung im Verhältniß der Zahl

einfachen Ketten stehe“ (25.), doch unter der Einschränkung,

Wenn die Anzahl der einfachen Ketten nicht zu sehr vermehrt, oder die Oberfläche der Platten nicht ausserordentlich vergrössert wird.

Eine Säule von 100 einfachen Ketten wirkt elektrometrisch nicht stärker als eine Säule von 50 gleichen Platten. Die Verstärkung, welche Children aus 6 Schuh langen 2 Schuh breiten Platten baute, äusserte auf das Elektrometer gar keine Wirkung.

Dagegen bringen die Säulen von einer grossen Zahl einfacher Ketten, deren Umfang nicht beträchtlich ist, und Säulen von wenigen Platten, deren Oberflächen ausserordentlich vergrössert sind, gewaltige chemische Wirkungen hervor. Die Wirkung des Apparats von Children ist so gross, dass ein Platindrath von $\frac{1}{3}$ Zoll Dicke und 18 Zoll Länge, beim Schluss der Kette, in Fluss kam, und abschmolz. Eine Länge von 3 Fufs des Drathes wurde roth glühend so, dass es beim hellen Tage wahrgenommen ward. Die andern Metalle, mit denen die Versuche angestellt worden,

schmolzen augenblicklich, und verflüchtigten sich in Dämpfe. Kohlenstückchen in den Kreis gebracht wurden weiß glühend, und verbreiteten das glänzendste Licht (Bibliothec. britan. Oct. 1813.) Die Versuche mit dem zweiten Apparat des Children (11.) zeigten nur noch gewaltigere Wirkungen. Ein dicker Platindrath in den Kreis der Kohlenleitung gebracht wurde auf 6 Fuß weiß glühend und schmolz dann in Tropfen ab. U.s.w. Wilkinson schloß aus seinen Versuchen, wobei er Stahldrath in den Schluss der Kette brachte, daß die Wirkungen einer Säule der Anzahl der Plattenpaare (der einfachen Ketten) proportional sei, wenn diese von gleicher Oberfläche sind; hingegen bei ungleichen Flächen sich wie die Quadrate der Oberfläche der einzelnen Platten verhalten.

Nämlich wächst die Oberfläche der Verstärkung sehr an entweder durch Vervielfältigung der Platten oder durch Vergrößerung ihrer Flächen, so steigert sich die Flächenkraft (die Elektricität) zur höchsten Intension, und indem sie auch in den vorzüglichsten Leitern (in den Metallen) immer noch Hemmung erleidet, so kommt sie, die

Masse durchgreifend, mit der Starrheit (Contraction) in Conflict und erregt die Expansion: die nach allen Dimensionen erregte Expansion ist aber Wärme (M. Theorie der Wärme), die durch die Säulenkraft zur Hitze erhöht, die Metalle glühet und schmelzt, oder wenn sie säuerbar sind, und in Berührung mit einer Oxygen enthaltenden Umgebung stehen, verbrennt, in Dampf zerstäubt u. d. gl. Während dafs aber auf solche Weise die chemischen Actionen vorherrschend sind, werden die rein elektrischen unterdrückt, geschwächt, oder unmerklich gemacht.

31.

Wird eine wasservolle Röhre, an einem Stativ aufgehängt; werden durch die Korkpfropfe, die die Röhre an beiden Enden schliessen, Dräthe von Kupfer (Gold, Platinum) durchgesteckt, und einander bis auf einen halben Zoll nahe gerückt; und wird der untere Drath mit dem Anfang der Säule $= + E$, der obere Drath mit dem Ende der Säule $= - E$ in Verbindung gesetzt: so entwickelt sich aus dem untern

Drath ein Strom von Hydrogenluft, während dafs sich an die Spitze des obern Drathes Oxygen ansetzt und den Drath säuert (oder wenn der Drath von Gold oder Platinum, nicht leicht säuerbar ist, aus der Spitze des obern Drathes Oxygenluft hervorgeht).

Durch Verbindung der Säulenenden mit den beiden Dräthen wird der Uebergang des $+$ E und $-$ E zur Indifferenz veranstaltet. Da aber die Elektricität verstärkt wirkt, so greift sie in das dazwischen liegende Wasser chemisch ein, und indem ihr Plus seinen Gegensatz im Wasser anstrebt, wird eben dessen Plus in Form des Hydrogens frei. Dagegen befreit das Minus der Elektricität, seinen Gegensatz im Wasser suchend, dessen Minus, sein Oxygen.

* Ist die Säule nicht aus mehrern als 20 einfachen Ketten zusammengesetzt, so steht die Wasserzersetzung im Verhältnifs der Zahl der einfachen Ketten. Steigt aber die Zahl der einfachen Ketten auf 30, 60, 120, so scheint die Luftmenge, die unter den nämlichen Umständen entwickelt wird, den Wurzeln der Anzahl einfacher Ketten ziemlich proportional zu sein. Werden 20 Paare der Platten von verschiedenen

Oberflächen, deren eine $= 1$, die anderen $= 19,7$ sind, zu Säulen erbaut: so steht die Wasserzersetzung unter sonst gleichen Umständen nahe ihren Oberflächen proportional (Gay-Lussac und Thenard. Gilbert's Annalen). Erfolge, die dem allgemeinen Gesetze (25.) gemäß sind, unter der Beschränkung, die No. 30. gemacht worden ist.

* * Wird der Glasröhre die Form eines V gegeben, und werden Dräthe von Gold oder Platinum eingesteckt, so bildet sich in einem Schenkel Hydrogenluft im anderen Oxygenluft — der Form des Glases wegen.

* * * Gesalzenes oder gesäuertes Wasser wird durch den Galvanismus leichter als reines Wasser zersetzt: dadurch drückt sich nur das verschiedene chemische Verhältniß aus, welches bei galvanischen Versuchen immer in Anschlag zu bringen ist. (27. *).

32.

Der Muscelreiz, den eine galvanische Verstärkung bewirkt, ist heftig, eigentlich eine Erschütterung (Concus-sion), die der eines elektrischen Stosses gleicht; nur ist er nicht so momentan, nicht so schnell vorübergehend, sondern etwas anhaltend, kriebend, schneidend. Die Erschütterung wächst an Stärke bei der Säule mit der Zahl einfacher

facher Ketten. Eine Säule von 100 Paar Platten erschüttert mehrere Personeu, die im Kreise stehen sehr empfindlich. Die Säule von 600 Platten (11.) giebt einem Menschen einen gefährlichen Stofs (Gilbert's Annalen). Aber dennoch gilt die Beschränkung: „wenn die Platten nicht von zu grosser Oberfläche sind.“ Der Apparat des Children wirkt auf den thierischen Körper nicht stärker als eine Säule von gleichviel kleinen (Gilbert's Annalen).

Die Wasserzersetzung durch die galvanische Säule und der Muscelreiz, der wohl eine Folge der Zersetzung des Wassers (der Lymphe im thierischen Leibe) sein mag , stehen

zwischen den elektrometrischen Phänomenen

und den Funkenerscheinungen mitten inne, und sind Erfolge mässiger galvanischer Actionen; höchst erregter Galvanismus bei dem Gebrauche der Platten von sehr grossen Oberflächen verschlingt nicht nur die Action der Wasserzersetzung, sondern auch die der Reizung des menschlichen Körpers.

Muscelreiz und Wasserzerse-
tzung in Verbindung zeigen etwas
Auffallendes. Ist der Wasserzersetzungs-
apparat mit der Säule in Verbindung, und
man greift mit nassen Fingern beider
Hände die Säulen - Pole an:

so empfindet man nur absatz-
weise Erschütterungen,
während daß die Wasserzer-
setzung ununterbrochen fort-
geht.

Nämlich die Wasserzersetzung fordert
einen geringern Grad galvanischer
Action als die Erschütterung, der
sich auch in der Säule immer einfindet,
wegen fortwährender Berührung entge-
gengesetzter Flächen (19.), da im Ge-
gentheile die zur Erschütterung erforder-
liche Intension erst nach und nach
zu Stand kommt.

* Die Nässung der Finger mit reinem
(besser mit gesalzenem) Wasser be-
fördert immer den galvanischen
Schlag; Wasser leitet nämlich dennoch
mehr als die Oberhaut des menschlichen
Leibes (20. *): es ist aber auch hier wieder das
chemische Verhältniß im Spiele.

* * Der Galvanismus, welcher durch die Verstär-
kung wirkt, ist das eingreifendste Reiz-

mittel, und als solches für die Arzneiwissenschaft allerdings von Wichtigkeit, das aber noch nicht genug gewürdigt worden ist. Zwar glaubte man anfangs im Galvanismus ein Mittel gefunden zu haben, Blinde sehend, Taube hörend, Lahme gehend zu machen, ja die Scheintodten von den wirklich Verstorbenen zu unterscheiden, und so menschenfreundlich dem vorzubeugen, was das Schauerlichste ist, dem Begraben eines Lebendigen. Als sich aber der Galvanismus nicht als das grosse Universale der Heilkunde bewährte, so fieng man an, ihn gering zu achten, und die Aufmerksamkeit von ihm abzuwenden. So wechselten auch hier die Extreme, und man gieng vom Zuviel auf das Zuwenig über.

*** Die reizende Wirkung des Galvanismus auf die Pflanzen ergiebt sich aus den Beobachtungen des Treviranus (Gilberts Annalen. B. VII, St. 2.)

34.

Setzt man Substanzen, die einer Gährung fähig sind, mit einer galvanischen Verstärkung gehörig in Verbindung: so werden ihre innern Kräfte nur mehr aufgeregert, und die Gährungen beschleunigt. Ungarwein durchläuft schnell seine Gährungsperiode (Grimm). Gewöhnlich rother französischer Wein und das Bier werden innerhalb zwei Stunden gesäuert.

Pflanzenschleim geht seine Gährungsstufen in äusserst kurzer Zeit durch, und wird geschwind faul; dergleichen fault Blut, Eiweiss und Eidoter u. a. sehr schnell (von Arnim).

35.

Höchst merkwürdig ist die Wirksamkeit des Galvanismus auf die Alkalien und auf die erdigten Körper. Man lässt Kali und Natron in der Luft feucht werden, und bringt sie dann in den Schluss der beiden Pole einer stark wirkenden Säule: es bilden sich in glänzenden Kugeln Metalle, das Kali-Metall (Kalium) und das Natron-Metall (Natronium), deren Eigenschaften Verwunderung erwecken. Auf gleiche Weise werden Baryt, Strontion und Magnesia behandelt, und man erhält Barium, Strontium, Magnium. Kali, Natron, Baryt u. s. w. sind daher durch den Galvanismus als Metalloxyde indicirt, und derselbe erweist sich an ihnen anoxydirend (Davy in London, Gay-Lussac und Thenard in Paris, Berzelius und Pontin in Stockholm: (Gilbert's Annalen). Jahrg. 1809. St. 2. St. 8. St. 11. Jahrg. 1810. St. 5. 6. 8. 10. und 11. Jahrg. 1811. St. 1. 6. U. s. w.

Die in der galvanischen Verstärkung wirkenden Kräfte sind die aufgeregten Grundkräfte, das Allwirksame und in seiner Steigerung das Allgewaltigste in der Natur. Die aufgeregten Grundkräfte sprechen auch nur Gleichartiges, die Grundkräfte anderer materialen Substanzen an, und erregen sie innigst und mit höchster Energie. Woraus dann zu ersehen ist die Möglichkeit tiefest dringender Analysen, und daraus hervorgehender neuer Formen und Productionen durch die galvanische Action; die dann auch um desswillen für die Chemie höchst bedeutend ist. Es ist auch Sache der Chemie, in das Ausführliche, der durch den Galvanismus bewirkten chemischen Processe einzugehen, und davon Erklärung zu geben.

36.

Werfen wir nun auf die galvanischen Hauptphänomene einen Rückblick, und vergleichen wir die Erscheinungen der einfachen Kette mit denen der Verstärkung, so erhellet, daß jene der einfachen Kette sich in der Verstärkung nur

wiederholen; daß sonach die galvanische Säule eigentlich durch Vervielfältigung einfacher Ketten eine Verstärkung sei.

Es beruhen auch die Phänomene der galvanischen Verstärkung ganz auf denselben dynamischen Gesetzen, aus denen die Phänomene der einfachen Kette verständlich werden. Alle galvanischen Erscheinungen, sammt und sonders, bewähren:

der Galvanismus sei nichts anderes als ein Wechselkampf des Elektricismus und Chemismus, aus dem bald jener, bald dieser bald beide sieghaft hervorgehen.

Der Galvanismus spricht sich aber eben dadurch als das wirksamste Princip in der Natur aus; derselbe hat sich auch bisher als solches erwiesen, und wird sich, wie zu hoffen, in der Folge auf die mannigfaltigste, jetzt uns noch unbekannten Weisen, als das wirksamste Princip kund geben.

In der galvanischen Kette zumal in der vervielfältigten, welche die Vol-

taische Säule darstellt, treffen wir die Natur auf der That an

in ihrer Tendenz die Gesammtheit ihrer dynamischen Thätigkeiten in den gesammten Raumformen aufzustellen (die Naturseele mit dem Naturleibe innigst zu vereinen),

und demnach „Lebendiges“ hervorzubringen:

wir sehen in dem Galvanismus das sich selbst erzeugende Leben in seinem Beginn.

Der Galvanismus ist daher der nächste Ring, welcher die anorganische Natur mit der organischen verbindet; er ist das Lebendige in seinen Anfängen; und sofern ist das Leben organischer Wesen nur vollkommenst ausgebildeter Galvanismus.

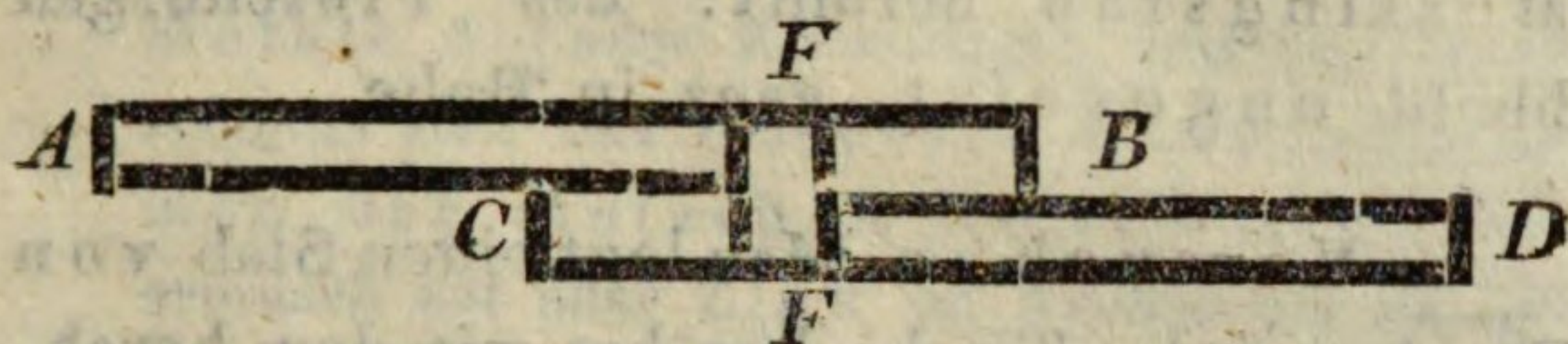
A n h a n g.

Während dafs der Verfasser dieser Schrift fortfuhr, sich mit galvanischen Experimenten zu beschäftigen, ergaben sich Erfolge, die mit dem, was in der Anmerkung * der Numer 21. gesagt worden, nicht ganz genau einstimmt. Die Wahrheitliebe gebietet daher eine Berichtigung. Zudem begegneten dem Verfasser einige besonders herrliche Phänomene, welche die galvanischen Versuche mit der einfachen Kette, neu interessant machen, und sich auf dieselben Gesetze stützend, die gegebenen Erklärungen der galvanischen Hauptphänomene nur mehr beleuchten. Auch diese Phänomene will der Verfasser mittheilen: daher ein

A n h a n g.

Vorerst eine Beschreibung der eigenen Vorrichtung der Stäbe (20. **) die ich armirte nenne; alsdann einige Versuche.

V o r r i c h t u n g.



A B stellt vor ein viereckigtes Stäbchen von Zink 4 Zolle lang, und von Seiten, die 2 Linien messen. *C D* ist ein Stäbchen von Messing, das dieselbe Länge und Grösse hat. Die beiden Stäbchen sind durch eine federnde Schliesse *F F* verbunden, und können beliebig verschoben, oder auch auseinander gelegt werden.

V e r s u c h e.

1. Versuch. *a.* Es liege ein messingener Stab auf dem Tische. Man nimmt den Wadenmuscel eines präparirten Frosches zwischen die Finger einer Hand, und läßt den Lendennerven auf den Messingstab herabhängen und denselben berühren; man faßt mit der anderen Hand das Zinkende des armirten Stäbchens, und greift mit dem Messingende an den messingenen Stab: Das Froschorgan oscillirt.

b. Nun wendet man das armirte Stäbchen um so, daß der Messing zwischen die Finger kommt, und Zink den liegenden Messingstab berührt: das Froschorgan bleibt ungereizt, ganz in Ruhe.

2. Versuch. c. Man legt einen Stab von Zink auf den Tisch; berührt mit dem herabhängenden Nerven des zwischen den Fingern gehaltenen Froschschenkels den Zinkstab, während man das Messingende des armirten Stäbchens zwischen den Fingern der andern Hand hält, und mit dem Zinkende den Stab aus Zink berührt: Der Froschschenkel schlägt in Oscillationen aus.

d. Jetzt wird das armirte Stäbchen umgekehrt so, daß man das Zinkende zwischen den Fingern hält, und mit dem Messingende den Zinkstab berührt: es erfolgt keine Oscillation.

* Es kommt nämlich das Metall, das man zwischen die Finger faßt, mit dem, das auf dem Tische liegt in Conflict, und da wird dann der Erfolg verständlich, weil nur

im Falle a. des ersten Versuches

und im Falle c. des zweiten Versuches

Gegensätze in das Verhältniß treten.

Eigentlich machen die Finger der einen

Hand, die Arme, und die Finger der andern Hand, die den Froschschenkel halten, Einen Muscel aus, der das Metall Z (oder S) berührt, während der Nerve am Metall S (oder Z) anliegt; und das Ganze reducirt sich auf das erste Hauptphänomen der einfachen Kette (17.). Diesemnach hat aber Zink im Verhältniß zu den Fingern nichts voraus. Indes bedingen die Fingerflächen dennoch in beiden Fällen zum Theil den Erfolg; zugleich sehen wir auch hier das condensatorische Kräftenspiel. Die beiden Stäbe (S und Z) elektrisiren sich durch Berührung wechselweise: ihre Zustände werden einander entgegengesetzt (der von Messing = $-E$ der von Zink = $+E$ 17. *) das ist: die Stäbchen sind eigentlich polarisirt. Wird nun das Messingende zwischen die Finger genommen, so wird sein Zustand $-E$ erhöht; welches dann auch die Erhöhung des $+E$ von Zink zur Folge hat. Nimmt man das Zinkende zwischen die Finger so verstärkt sich sein $+E$, und erhöht dann auch das $-E$ des Messings am anderen Ende.

** Hätte Volta seinen Versuch, dessen No. 16. erwähnt worden, noch mit einem Condensator angestellt, dessen Oberscheibe Zink gewesen wären, und hätte er den Kupferstreifen in der Hand haltend, die Zinkscheibe

mit Zink berührt: so würde er den Condensator geladen gefunden haben, und zwar $+ E$.

3. Versuch. Es sei der vorige Messingstab bei Handen, und auf den Tisch gelegt. Man nehme das Messingende des armirten Stäbchens zwischen die Finger, und rühre wieder den Messingstab mit dem Zinkende an, während daß die andere Hand den Froschnerven an den Messingstab hinhält: der Frosch bleibt unbewegt. Nun bringt man einen Tropfen Wassers auf den Messingstab, und taucht das Zinkende in denselben ein: jetzt zuckt das Froschorgan gewaltig.

4. Versuch. Es werde ein Zinkstab auf den Tisch gelegt, das Zinkende des armirten Stäbchens zwischen die Finger genommen, und mit dem Messingende der Zinkstab angerührt, während von der anderen Hand der Nerve auf den Stab von Zink herabhängt: der Froschschenkel zuckt nicht. Man lege einen Tropfen Wassers auf den Zinkstab, und berühre diesen Tropfen mit dem Zinkende des armirten Stäbchens: der Froschschenkel oscillirt.

* Das Wasser vermittelt den chemischen Proceß; und während der Elek-

tricismus chemisch in den Wassertropfen eingreift, erregt derselbe hinwieder den Electricismus (15. 6.)

* * * Vergleichen wir die Versuche 1. und 2. mit denen 3. und 4. so sind die erstern vorzugsweise bewirkt durch Erregung der Flächenkraft, und wir dürfen die Erfolge für rein elektrische ansehen. Hingegen sind die Erscheinungen der letztern Versuche chemisch elektrische; und so gehen dann auch bei der einfachen galvanischen Kette

den chemisch elektrischen Phänomenen rein elektrische zur Seite.

5. Versuch. Werden die zwei armirte Stäbchen aus der Schließe FF herausgenommen; eins auf den Tisch gelegt, und das andere in die Hand genommen; wird hernach der Nerve eines Froschschenkels mit dem liegenden Stäbchen in Berührung gebracht; alsdann das liegende Stäbchen mit dem andern berührt; so zuckt das Froschorgan gewaltig.

* Im Momente der Berührung beider Stäbchen (S und Z) auch nur in wenigen Puncten, erfolgt die Polarisirung der Stäbchen: Daher erhöhte Flächenkraft, starke Reizung.

6. Versuch. Man wiederholt die Versuche 1. 2. 3. und 4, mit Zink - und Kupfer-Platten

die zusammengelöthet,

oder bloß übereinander gelegt sind;

auch die Plattenpaare erweisen sich polarisirt, und stellen dieselbe auffallenden Wirkungen dar.

* Wird eine Zinkplatte, die über eine Kupferplatte gelöthet oder bloß darauf gelegt ist, über eine feuchte Stelle des Tisches gebracht, und die obere Fläche der Platten mit dem herabhängenden Nerven eines in der Hand gehaltenen Froschschenkels berührt, so zuckt der Schenkel stark, sobald der Finger der andern Hand bloß die feuchte Stelle anrührt. — Lauter Anschaulichkeiten, von der Richtigkeit dessen, was in den Nummern 23. und 24. angeführt worden ist.

* * Die Versuche 3. und 4. sind Sichtbarmachung der Wahrheit der einfachen Kette = SHZ (2.): die Stabenden, die sich mittelst eines Wassertropfens berühren, gleichen richtig beurtheilt zweien Metallplatten aus Zink und Kupfer mit dazwischen liegender feuchter Scheibe. — Vergleichende Versuche mit Metallplatten, die unmittelbar übereinander liegen, und mit Metallplatten,

zwischen denen eine befeuchtete Papierscheibe liegt, setzen diese Ansicht ausser Zweifel, und geben eine Reihe der interessantesten Versuche, wobei der Magnetismus, der Elektricismus, und der Chemismus, jeder besonders gewiesen werden kann.

Z u s a t z z u 22.

Man setzt das Zinkende des armirten Stabs an den Nerven eines Froschschenkels, während ein Finger der anderen Hand den Muskel berührt: der Froschschenkel wird nicht gereizt. Es wird der Stab umgewendet, und der Nerve mit dem Messingende berührt: jetzt erleidet das Froschorgan eine heftige Reizung. — Man verändert die Versuche dahin, daß das Zinkende den Muskel berührt, und ein Finger der anderen Hand an den Nerven greift: nun zuckt der Schenkel; hingegen nicht, wenn das Messingende den Muskel berührt, während daß ein Finger der anderen Hand den Nerven angreift. — Also „wird durch den armirten Stab auch angedeutet: die Nerven seien positiven die Musceln negativen Charakters!“

* Zwei Nadeln 4 Zolle lang, eine aus Messing die andere aus Zink, deren Enden mit einem Faden zusammen gebunden werden, und sonach sehr genau eine Linie bilden, thun die Wirkung der armirten Stäbe (Seite 54.) obgleich die Berührungen nur mit den Endpuncten der Nadel vorgenommen werden. Es tritt daher auch bei der einfachen galvanischen Kette

der Magnetismus

und zwar bedeutsamst!

hervor. Man darf daher ohne Anstand den Begriff des Galvanismus dahin erweitern: er ist ein Kräftekampf aus dem die dynamische Thätigkeit, bald in einer, bald in zweien, bald in allen drei Formen hervorgeht; und es darf bei den galvanischen Erscheinungen der Magnetismus wohl noch mehr in Anschlag gebracht werden, als in der Theorie geschehen ist, zumal die Gesetze des Elektricismus (auf seine Weise) auch die Gesetze des Magnetismus sind.

70 Phy

Wolfer

Weber, Joseph <<von>>,

Der Galvanismus und Theorie desselben

München 1815

Augsburg, Staats- und Stadtbibliothek -- Phys 1349

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11275035-5